

盐雾试验标准

本标准已被批准供国防部下述机构使用。

1、使用范围

1.1 本标准规程包括产生和维持盐雾实验环境所要求的仪器和程序,可能用到的合适的仪器在附录 X1 里说明。

1.2 本规程并不指定试验的样本类型,或特殊产品的喷雾时间,也不对试验结果作出解释。

1.3 以 SI 为单位的的数据是标准的,括号内的数据仅供参考。

1.4 本标准并不旨在涵盖所有的安全性问题,如果有,也是与它的使用方法有关系。本标准的使用者有责任来建立合适的安全及健康操作程序,并在使用前决定规程限制的适用性。

2、参考文献

2.1 ASTM 标准²

B368 用以加速铜腐蚀的醋酸-盐雾试验方法 (CASS 试验)

D609 测试冷扎钢板喷涂、清漆、化学涂层和其他相关涂层产品的制剂

D1193 试剂水说明

D1654 在腐蚀环境下,样本喷涂估算的试验方法

E70 玻璃电极水溶液 PH 值的试验方法

E691 开展实验室间研究,以确定试验方法精密度的规程

G85 更新的盐雾试验规程

3、意义及作用

3.1 本规程提供了一种可控的腐蚀环境,金属及涂装金属在给定的试验房间里产生相关的防腐蚀信息。

3.2 在自然环境下对其性能的预测值,与单独作为数据的盐雾试验结果很少有关联。

3.2.1 建立在这种规程试验环境下,其腐蚀性能的关联值和外延值并不总是可预测的。

3.2.2 只有在证实进行了适宜的长期自然环境的暴露以后,才应当考虑关联值和外延值。

3.3 盐雾试验结果的可重复性,在很大程度上依赖于试验的样品和所选择的标准,也依赖于对操作变量的控制。在一些测试程序中,应当考虑到大量的数据采集次数,以建立试验结果的可变性。即使试验条件相似,测试的浓度范围一样,在不同的盐雾实验室内,相似的样本其试验结果也不一样。

4、装置

4.1 盐雾试验所要求的装置,包括一个盐雾室,盐溶液储罐、适当的压缩空气供应装置、一个或多个喷嘴、样品支撑架、盐雾室加热装置和其他必要的控制部件。装置的尺寸和详细的结构是可选择的,只要能提供本规程所要求的环境即可。

4.2 盐雾室内顶部或盖板上聚集的液滴不允许滴落在暴露的样本上。

4.3 从样本上滴落的液滴不允许回收到液体回收器内,不能再喷雾。

4.4 盐雾室结构件材料不应当影响到喷雾腐蚀。

4.5 本规程用到的所有的水都要符合 D1193 说明中 5 类水标准要求 (钠离子可以忽略,氯离子在本规程的范围内即可),这不适用于自来水,所有其他的水要求相应的试剂等级。

5、试验样本

5.1 试验用的样本的型号和数量,和评估试验结果的标准一样,都要在说明中规定其材料或产品,或由销售

商和采购商之间相互认可的材料或产品。

6、试验样本准备

6.1 样本要相应的清洁，清洁方法可任意选择，依赖于材料表面的纹理和表面的污物。要注意样本清洁完毕后防止由于过度操作或粗心大意再次被污染。

6.2 用于鉴定涂层和其他有机涂层的样本，应当根据被暴露的材料规格来准备，或者由供应商和采购商协商确定。否则，测试样本应当包括符合规程 D609 要求的钢材，按照规程 D609 的操作程序清洁钢材为喷涂做准备。

6.3 已做过喷涂或覆盖非金属涂层的样本，在试验前不要清洁或过度处理。

6.4 不论何时希望确定涂层或有机涂层擦伤处的腐蚀进度时，都应当使用金属利器划一条或通过涂层的划痕或划线，以便在测试前暴露底部的金属。制作划痕的条件应该按照测试方法 D1654 里的规定，除非买卖双方另有约定。

6.5 除非特别说明，电镀、喷涂或复合材料的切口边缘，和包含标记的区域，或相关的支架，都应当在操作环境下使用合适的涂层稳定剂保护。

注意 1：如果希望从零件上或从预先电镀、喷涂或其他涂层金属材料上切下试验样本，切口边缘应当通过覆盖涂层、蜂蜡、带子或其他有效介质来保护，以防止在切口边缘和临近的电镀的和其他涂层金属材料的表面出现电流影响。

7、样本暴露位置

7.1 实验中样本在盐雾室内的位置应当满足下列条件。

7.1.1 除非特别说明，样本应当被支撑或悬挂起来，于垂直方向的角度在 15 度和 30 度之间，和盐雾流的方向几乎平行，取决于被试验的大部分的表面。

7.1.2 样本不应该相互接触，不应该同任何金属或任何起导火索作用的金属接触。

7.1.3 每个样本都要放在不妨碍喷雾的位置。

7.1.4 从样本上滴落的盐溶液不应当再滴到其他任何样本上面。

注意 2：用于构造或支撑的合适的材料为玻璃，橡胶、塑料或合适的涂层木材。不允许使用裸露的金属。样本要从底部或侧面支撑，有缝的木条适合支撑在平板的下面，样本也可以从底部或侧面悬挂。只要能保证样本处在规定的位置，也可以使用玻璃钩子或上蜡的细绳吊样本。如有必要，可在样本底部加第二个支撑。

8、盐溶液

8.1 盐溶液应当按溶解比例为 5 ± 1 份的氯化钠，和 95 份的水配置，水要符合说明 D1193 类型 IV 中的要求（除了本规程对氯离子的限制外，钠离子可以忽略）。对于盐的化学成分要谨慎小心才行，使用的盐应为氯化钠，总的杂质质量不超过 0.3%。除氯离子外的其他卤素离子（溴离子、氟离子和碘离子）的含量应低于盐的含量的 0.1%（质量），铜离子含量要小于总量的 0.3ppm，添加抗结剂的氯化钠不允许使用，因为此类添加剂起抗腐蚀剂的作用。表 1 列出了的杂质含量的限制。基于买卖双方的协议，可以对上述化学组成中未作规定的元素或化合物做出分析，确定其使用范围。

杂质描述	允许含量
总杂质含量	$\leq 0.3\%$
除氯离子外的其他卤离子（溴离子、氟离子和碘离子）	$< 0.1\%$
铜离子	$< 0.3\text{ppm}$
抗结剂	不允许添加

表 1 氯化钠中杂质最大允许含量 A, B, C

A、用于计算已知水的质量的 5% 的盐溶液，可用下面通用的公式计算所需的盐的量：

$$0.053 \times \text{水的总量} = \text{所要求的 NaCl 的量}$$

水的密度是 1g/ml，计算配置 1 升 5% 盐溶液所需要的盐的克数，用 1000g 乘以 0.053（35.27 盎司，1 升水的质量）。

这个公式的结果是，为配置 5% 质量的盐溶液，每升水所需的 NaCl 为 53g（1.87 盎司）。上面公式中氯化钠使用的乘数 0.053 由下列计算得出：1000g（1 升水的质量）除以 0.95（总质量中水占 95% 的比例）得出 1053g，这个 1053g 是含 5% 浓度氯化钠的 1 升水的总质量。1053g 减去原始 1 升水的质量 1000g，得到氯化钠的质量是 53 克，氯化钠的质量 53g 除以水的重量 1000g，得出氯化钠的系数 0.053。

例如：混合 200 升（52.83 加仑）含 5% 氯化钠浓度的溶液，把 10.6kg（23.37 磅）的氯化钠加入到 200 升（52.83 加仑）的水里面，200 升水的重量是 2000 000g，2000 000g 水乘以 0.053（氯化钠系数）=10600g 氯化钠，或 10.6kg 氯化钠。

B、为确保在混合溶液时达到合适的盐溶液浓度，需要注意检测溶液时，使用盐液密度计或使用液体比重计来测量，当使用盐液密度计测量时，测试结果在 25°C（77° F）下是 4%---6%。

C、如果使用的盐的纯度 >99.9%，卤素离子的含量可以忽略，因为卤素离子的含量不可能大于等于 0.1%。如果盐的纯度比较低，需要测试卤素离子的含量。

8.2 在 35°C（95° F）雾化时，被收集起来的盐溶液的 PH 值应该在 6.5 和 7.2 之间（备注 3）。雾化前的溶液不应该有固体悬浮物（备注 4），PH 值测试应该在 23±3°C（73±5° F）条件下，使用合适的对 PH 敏感的玻璃电极，标准电极，PH 值测试系统要符合测试方法 E70。

备注 3：温度会影响到在室温下由二氧化碳饱和水配置的盐溶液的 PH 值，可以通过以下三种方法调整 PH 值。

(1) 在室温下调整盐溶液的 PH 值，在 35°C（95° F）时雾化时，收集起来的盐溶液的 PH 值会高于雾化前的盐溶液，是因为在高温下溶液里二氧化碳挥发而缺失。因此当在室温下调整盐溶液的 PH 值时，有必要调整到小于 6.5 以下，这样在 35°C（95° F）条件下雾化后收集起来的盐溶液，将满足 6.5---7.2 的范围要求。在室温下取大约 50ml 盐溶液样品，缓慢煮沸 30 秒，然后冷却，再测试其 PH 值，通过这种操作，当把盐溶液的 PH 值调整到 6.5---7.2 之间时，在 35°C（95° F）条件下雾化后收集起来的颜溶液的 PH 值，将在这个范围内。

(2) 加热盐溶液到沸腾，然后冷却到 35°C（95° F），然后维持在 35°C（95° F）大约 48 小时，然后调整 PH 值，这样产生的溶液在 35°C（95° F）雾化，其 PH 值不会有大的变化。

(3) 加热水，用热水制备盐溶液使温度达到 35°C（95° F）或更高，排除二氧化碳，然后调整 PH 值到 6.5---7.2 的范围，这种方法产生的盐溶液在 35°C（95° F）雾化时，其 PH 值不会有大的变化。

备注 4：新制备的盐溶液可以过滤轻轻倒入到蓄水池里，或者把溶液导向雾化器的管子的末端使用双层粗棉布包上，阻止喷嘴处堵塞。

备注 5：可以通过加入稀释的 ACS 试剂级盐酸和氢氧化钠溶液来调节 PH 值。

9、气流供应

9.1 进入状态良好的过滤器的，供应给空气饱和塔的压缩空气，要求无油污或脏污（备注 6）。这种空气在空气饱和塔底部应该保持足够的压力，在空气饱和塔上部的空气应当满足表 2 所建议的压力值。

注释 6：通过合适的油或水萃取器（通过商业购买能得到）的空气，应当不含油污和杂质，应当阻止任何油污进入空气饱和塔。一些油或水萃取器有使用期限提示，应当考虑对其进行适当的保养。

9.2 供应给一个或多个雾化喷嘴的压缩空气，应当通过把它导入到充满水的塔的底部进行调整。一种导入空气的常规的方法是使用空气分散装置 (X1.4.1)。水必须自动保持确保有足够的湿气。通常的规范是使塔内的温度维持在 46°C 和 49°C 之间 (114---121° F)，以补偿在雾化过程中，为产生空气压力由空气膨胀所产生的冷却效应。表 2 显示了在不同压力下的温度，通常用于补偿为产生空气压力由空气膨胀所产生的冷却效应。

表 2 在 35°C (95° F) 下，空气饱和塔上部操作所适用的温度和压力规范

空气压力 KPa	温度 °C	空气压力 PSI	温度 ° F
83	46	12	114
96	47	14	117
110	48	16	119
124	49	18	121

9.3 注意塔内的温度和压力关系，因为这种温度压力关系影响对维持适当的收集速度有直接的影响(备注 7)。

备注 7: 如果空气饱和塔内的温度和压力超出规范中温度和压力值的范围，按照本规程 10.2 所描述的达到合适的收集速度，那应当检查其他的调整腐蚀速度的装置，例如样品控制装置的使用(测试操作中的性能控制面板)。

10 盐雾室条件

10.1 温度---盐雾室喷雾区域的温度应维持在 $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ($95 \pm 3^\circ\text{F}$)。每一个设置点和和它允许的偏差都代表着箱内一个在单一位置平衡条件下可操作的控制点，并不代表整个箱内条件的一致性。封闭箱内暴露区的温度(备注 8)，至少一天记录一次(除了星期六、星期天和节假日以外，盐雾试验不会因暴露、调整或移动试验部件、或检查并补充蓄水罐内盐溶液而中断)。

备注 8: 一种记录温度的有效的方法是使用一种连续记录仪，或温度计，可以在封闭箱的外面读数。记录的湿度必须由封闭箱内的喷雾得到，避免由于盐雾室打开因湿球影响而出现低的读数。

10.2 雾化和盐雾量---在每个雾化塔暴露区域内，至少放入两个干净的盐雾收集器，不会收集到测试样品上的液滴或其他液滴。调整收集器位置使之靠近样品，一个离任一喷嘴的位置都最近，另一个离所有喷嘴的位置最远。图 1 是一种最典型的布置。基于平均运行 16 小时基础上(注释 9)，水平收集区域方向上每 80cm^2 (12.4in.^2)，每小时将收集 1.0—2.0ml 的溶液。收集的氯化钠溶液的浓度将达到 $5 \pm 1\%$ 质量比(备注 9-11)。收集的溶液的 PH 值将为 6.5—7.2，按照 8.2 所述方法测量 PH 值(备注 3)。

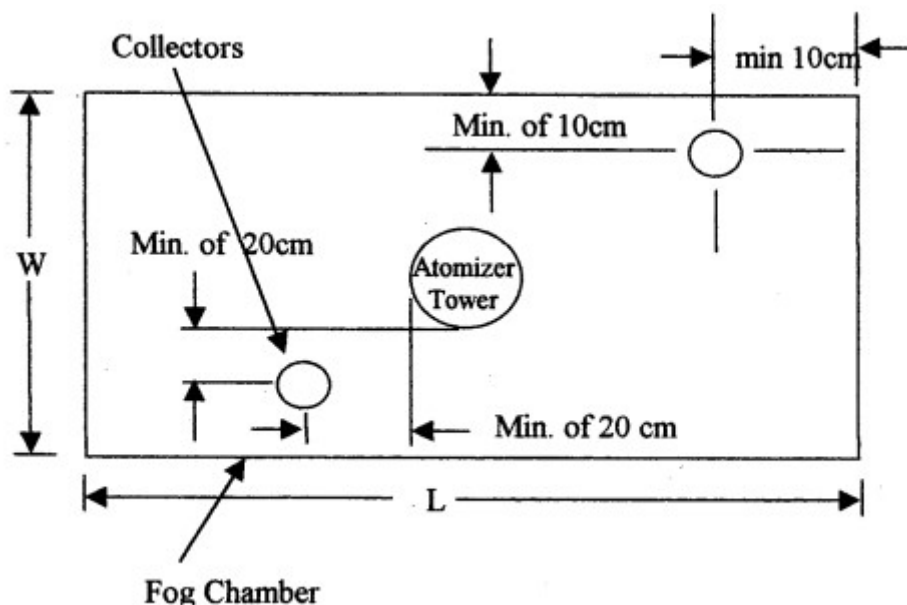


图 1 盐雾收集器布置

注意：本图针对单一的雾化塔，提供了一种典型的盐雾收集布置。对于多个雾化塔和水平雾化塔（T 形）的结构，本布置图同样适用。

备注 9：最适宜的收集装置是玻璃、或塑料漏斗、漏斗管通过瓶塞插入带刻度的圆筒内或结晶盘内。漏斗和结晶盘的直径为 10cm（3.94 英寸），其面积大约为 80cm²（12.4 平方英寸）。

备注 10：在 25°C（77°F）溶液的密度为 1.0255---1.0400 时，能够满足浓度要求。氯化钠的浓度也可以通过使用合适的盐浓度表（例如使用对钠离子有选择性的玻璃电极）或使用下述的色度计测量得出。通过加入蒸馏水充分混合均匀，稀释 5ml 收集起来的溶液到 100ml，用吸管吸取整整 10ml 溶液到蒸发盘或勺皿里，加入 40ml 蒸馏水和 1ml 1%的铬酸钾溶液（不含氯离子），然后再滴定 0.1N 的硝酸银溶液到首次出现稳定的红色。所要求的 0.1N 的滴定银溶液，3.4ml 至 5.1ml 即可满足浓度要求。

备注 11：使用 2—6%的盐溶液，会出现同样的结果，为一致性起见，仍把范围限制为 4—6%。

10.3 应当对准一个或多个喷嘴的喷射方向增加挡板，确保没有喷雾直接喷在被测试的样本上。

11 暴露的连续性

11.1 本规范中对于被测式样或材料除非有特殊声明，在整个试验阶段应该保持测试的连续性。持续运行意味着盐雾腔封闭，喷雾是持续的，除非必要的日常短暂的中断检查、重新放置或拿走被测式样、检查并补充储液罐内的盐溶液、和按照第 10 部分所做的必要的记录。应当计划好操作，确保中断时间是最短的。

12 暴露时间

12.1 暴露时间应根据被测试材料或样品的规格确定，或根据买卖双方的协议来指定。

备注 12：注意暴露时间应当由买卖双方共同确定，但是建议暴露时间为 24 小时的倍数。

13 被测样本的清洁

13.1 除非被测材料或产品的规格有特殊说明，试验结束时应当按照下列方法处理样本。

13.1.1 被测样本要轻拿轻放。

13.1.2 要缓慢冲洗，或浸到干净流动且温度不超过 38°C（100°F）的水里，去除其表面的盐沉淀，然后立刻干燥。

14 结果评估

14.1 应当根据买卖双方的协议，或根据被测材料或样品的规格进行细致及时的评估。

15 记录和报告

15.1 要记录下述信息，除非被测材料或产品的规格有预先说明。

15.1.1 制备盐溶液的盐和水类型

15.1.2 盐雾室内暴露区域内所有的温度读数。

15.1.3 每个盐雾收集装置所收集的盐溶液量的日常记录，单位是 ml/h./80cm²（12.4in²）。

15.1.4 所收集的盐溶液的浓度或密度，和其温度的日常记录。如果测试需要，被测盐溶液可以从多个盐雾收集装置里取的混合液（在同一个盐雾室内）。

15.1.5 在 23±3°C（73±5°F）温度下，所收集的盐溶液的 PH 值的日常记录，如果测试需要，被测盐溶液可以从多个盐雾收集装置里取的混合液（在同一个盐雾室内）。

15.2 样本型号及其尺寸、或者数量和部件说明。

15.3 试验前后样本的清洁方法。

15.4 盐雾喷射室内样本支撑或悬挂的方法。

15.5 按照 6.5 要求进行的保护措施描述。

15.6 暴露时间。

15.7 暴露中断的原因，中断时间。

15.8 所有检查的结果。

备注 13: 如果任何没有接触到被测样本的雾化盐溶液，返回到储液罐，建议也要记录这部分盐溶液的浓度和密度。

16 关键字

16.1 可控的腐蚀环境，腐蚀条件，质量损失测定，盐雾暴露。

附录

(非强制性信息)

X1. 装置结构

X1.1 试验柜

X1.1.1 标准喷雾试验柜可由几种方法制作，但是在他们根据本规程发挥作用和对复合结果提供持续的控制之前，有一定关联的附件还是有要求的。

X1.1.2 喷雾试验柜由下列组成：基本的喷雾腔、一个空气饱和塔、盐溶液储液罐、多个雾化喷嘴、样本支撑架、腔加热装置、和保持温度的合适的温控器。

X1.1.3 附件，例如：一个合适的可调挡板、一个盐雾塔、盐液储液罐自动雾化控制装置、空气饱和塔的自动雾化控制装置，都是本设备相关的部件。

X1.1.4 试验柜的尺寸和形状要能满足：允许雾化装置和一定数量的收集液在本装置限制的范围內。

X1.1.5 试验柜由下列合适的惰性材料组成，例如塑料、玻璃、石材、或由金属组成，或由不受塑料、橡胶或环氧基类的材料或设备组成。

X1.1.6 所有接触盐溶液或喷雾的管子都应当使用惰性材料，例如塑料。排放管应有足够长的尺寸，以把背后的压力降到最小，排放管要合理安装以免有溶液进入。排放管外露的一端应当防护起来，以避免可能造成试验柜压力波动或真空度的空气气流。

X1.2 温度控制

X1.2.1 保持盐雾室内的温度可以通过几种方法实现。一般建议通过控制周围环境的温度来保持盐雾室内的温度稳定。这可以通过把装置放在一个恒温的房间里来实现。也可以通过下述办法实现，把试验腔用可以控制温度的充满水或空气的外罩包裹起来。

X1.2.2 在内部盐溶液储液罐里或盐雾室里，浸入式加热器的使用，取决于在样品上是否因盐溶液蒸发或热辐射而有明显热损失。

X1.3 喷嘴

X1.3.1 令人满意的喷嘴是由硬橡胶、塑料、或其他惰性材料制作的。最常用的是由塑料制作的，喷嘴应该根据空气消耗量和溶液雾化状态可以校正。表 X1.1 是给出了一种典型喷嘴的操作参数。

TABLE X1.1 Operating Characteristics of Typical Spray Nozzle

Siphon Height, cm	Air Flow, dm ³ /min				Solution Consumption, cm ³ /h			
	Air Pressure, kPa				Air Pressure, kPa			
	34	69	103	138	34	69	103	138
10	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
20	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
30	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
40	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

Siphon Height, in.	Air Flow, L/min				Solution Consumption, mL/h			
	Air Pressure, psi				Air Pressure, psi			
	5	10	15	20	5	10	15	20
4	19	26.5	31.5	36	2100	3840	4584	5256
8	19	26.5	31.5	36	636	2760	3720	4320
12	19	26.5	31.5	36	0	1380	3000	3710
16	19	26.6	31.5	36	0	780	2124	2904

表 X1.1 盐雾喷嘴操作参数表

X1.3.2 在正常使用的压力下，应能轻易的看到空气消耗量是相对稳定的。如果在试验中允许盐溶液有轻微的滴落，就会出现喷雾有明显的减少。因此，集液罐里的盐溶液的高度必须自动维持不变，以确保在试验 3 中盐雾的一致性。

X1.3.3 如果选择的喷嘴不能自动把盐溶液雾化成统一的小液滴，有必要在喷嘴前加一个挡壁，以收集大的液滴防止其喷到样品上，直到空气压力恢复到可接收状态。喷嘴的选取非常重要，在选择空气压力下它能产生所需的条件，喷嘴没必要安装在一端，可以安装在中间或也可以通过一个合适的塔架垂直向上安装。

X1.4 雾化所需的空气

X1.4.1 雾化所使用的空气，在通过保养良好的过滤器之前不能含有油污和脏污。室内空气也可以压缩、加热、增湿，如果水的温度可以控制的话，也可以通过水密封的旋转泵来清洗。经其他方法清洁的空气，可以通过多孔的石块或多个喷嘴导入到充满水的塔的底部，水必须维持在能自动雾化的水平，确保足够的湿度。根据这种方法和附录 X1 进行操作的房间，相对湿度将会达到 95%---98%。由于 2---6%的盐溶液也会达到同样的结果（为一致性起见，被限制在 4---6%）。为保持湿的雾气状态，使空气湿润的温度应高于盐雾腔的温度。表 X1.2 表明了为抵消大气环境的冷却影响所要求的不同压力下的温度。

表 X1.2 95°F 下测试操作所要求的温度和压力

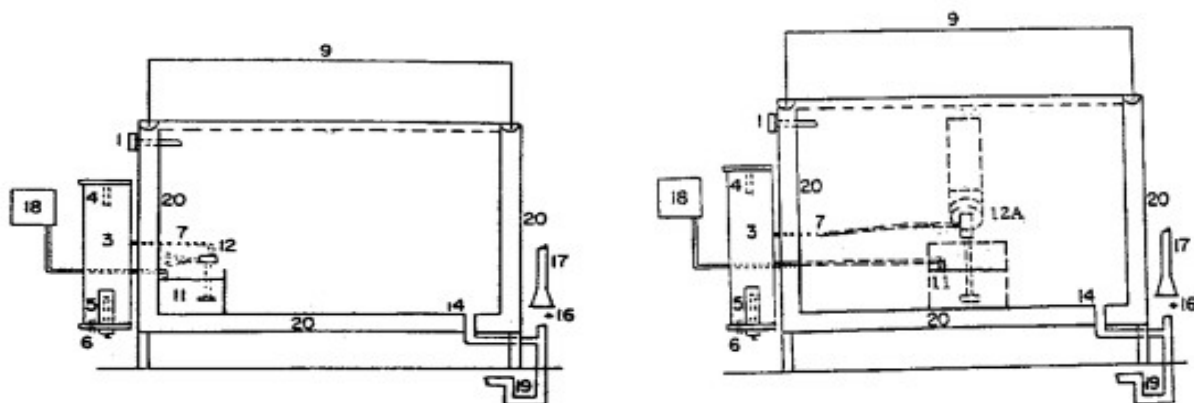
	Air Pressure, kPa			
	83	96	110	124
Temperature, °C	46	47	48	49
	Air Pressure, psi			
	12	14	16	18
Temperature, °F	114	117	119	121

X1.5 结构类型

X1.5.1 图 1.1 是一种标准的现代化的盐雾实验装置。试验室通常由一个斜的顶面组成，合理布置喷嘴避免喷嘴正对天花板造成溶液堆积，喷嘴可以安装在天花板上，或安装在正对地板的过道上方 0.91 米处，倾斜 30—60 度，

喷嘴数量依赖于装置的类型和容量，和测试的区域有关。实验腔内要求具备 11—19 升（3—5 加仑）的储液罐。

明显区别于实验室的类型。



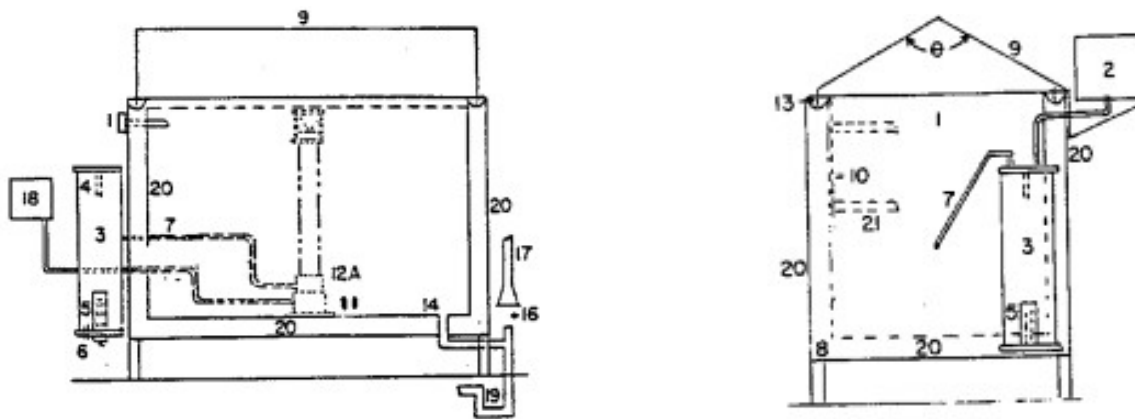


图 1.1 典型的盐雾喷雾腔

备注：本图提供了不同的部件，包括喷嘴不同的布置方式和盐溶液储液罐。

∞---上盖角度，90度---125度。

1---温度计和恒温器，控制加热器（项目 No. 8）

2---雾化水设备

3---加湿塔

4---雾化温度调整器，控制加热器（项目 No. 5）

5---浸入式加热器，防腐。

6---空气入口，多路开口

7---到喷嘴的空气管

8---底部加热器

9---铰链顶部，液压操作，平衡

10---支撑样品的托架，或实验桌

11---内部储液罐

12---储液罐上方的喷嘴，设计、放置、阻挡合理

12A---放置于实验柜中间的喷嘴

13---水密封

14---排水组合。

15--- 废水管和排水管要完全分离开。

16---强制排污管

17---储液罐自动保持装置

18---废物坑

19---空气隔离或水隔离

20---测试桌或挂架，在顶棚正下方。

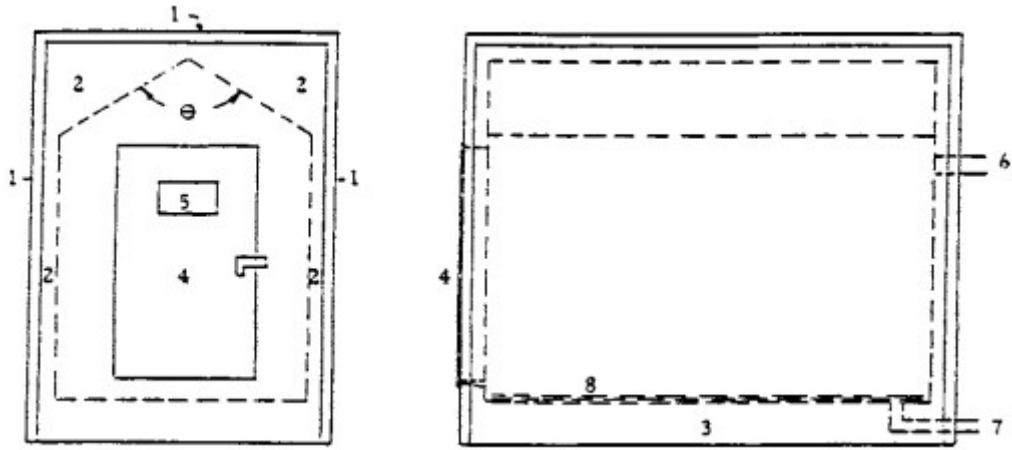


图 X1.2 步入式试验腔，垂直方向 1.5—2.4 米

备注：一般的对于比较小的盐雾试验腔（图 1.1），控制器是一样的。特征如下。

∞---上盖角度，90 度---125 度。

- 1、厚的绝缘板
- 2、空气层
- 3、低功率加热器，或蒸汽盘管
- 4、单或双全开门（制冷类型），内置倾斜门
- 5、观察窗口
- 6、内腔排风口
- 7、内腔排水口
- 8、地板上的导管板

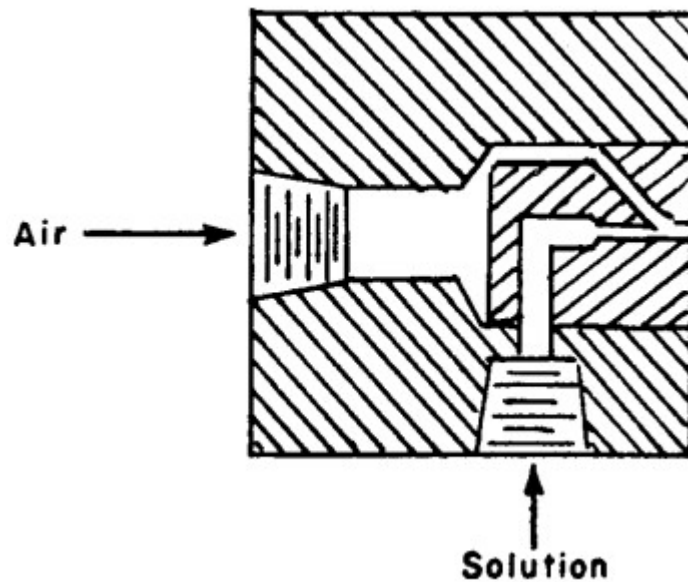


图 X1.3 典型的喷嘴